

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

HEE SANG CHUNG, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **APPARATUS AND METHOD FOR
GAIN-SPECTRUM-TILT
COMPENSATION IN
LONG-WAVELENGTH BAND
DISPERSION-COMPENSATING HYBRID
FIBER AMPLIFIER**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

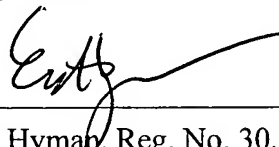
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	2003-46491	9 July 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP



Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

Dated: December 4, 2003

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor
Los Angeles, CA 90025
Telephone: (310) 207-3800



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0046491
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 09일
Date of Application JUL 09, 2003

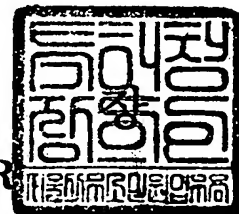
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 08 월 01 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.07.09
【국제특허분류】	H01S 3/00
【발명의 명칭】	광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치, 방법 및 이를 구비한 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기
【발명의 영문명칭】	A Gain Spectrum Compensation Apparatus and Method Based on Temperature of Optical Amplifier, and A Long-wavelength Band Dispersion-compensating hybrid Fiber Amplifier involved in such an Apparatus
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인씨엔에스
【대리인코드】	9-2003-100065-1
【지정된변리사】	손원 ,함상준
【포괄위임등록번호】	2003-046223-6
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정희상
【성명의 영문표기】	CHUNG,Hee Sang
【주민등록번호】	690924-1648510
【우편번호】	305-761
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 106동 102호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이원경
【성명의 영문표기】	LEE,Won Kyoung
【주민등록번호】	760616-2110214

【우편번호】	607-120
【주소】	부산광역시 동래구 사직동 27-32
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장순혁
【성명의 영문표기】	CHANG,Sun Hyok
【주민등록번호】	720323-1721419
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 하나아파트 110-1101
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이헌재
【성명의 영문표기】	LEE,Hyun Jae
【주민등록번호】	600902-1253619
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 107동 404호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주무정
【성명의 영문표기】	CHU,Moo Jung
【주민등록번호】	580206-1009614
【우편번호】	305-340
【주소】	대전광역시 유성구 도룡동 397-17
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이한협
【성명의 영문표기】	LEE,Han Hyub
【주민등록번호】	731029-1402733
【우편번호】	300-801
【주소】	대전광역시 동구 가양2동 55-25
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이동한
 【성명의 영문표기】 LEE, Dong Han
 【주민등록번호】 581206-1063616
 【우편번호】 305-350
 【주소】 대전광역시 유성구 가정동 과기대교수아파트 12-402
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이용배
 【성명의 영문표기】 LEE, Yong Bae
 【주민등록번호】 721231-1405211
 【우편번호】 300-120
 【주소】 대전광역시 동구 용운동 용방마을아파트 318-1504
 【국적】 KR
 【공개형태】 간행물 발표 'IEEE 포노닉스 기술지(PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS)'
 【공개일자】 2003.04.01

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 특허법인씨엔에스 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	12 면	12,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	17 항	653,000 원
【합계】		694,000 원
【감면사유】		정부출연연구기관
【감면후 수수료】		347,000 원

【기술이전】

【기술양도】 희망
 【실시권 허여】 희망
 【기술지도】 희망



1020030046491

출력 일자: 2003/8/1

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 공지에외적용대상(신규성상실의예
외, 출원시의특례)규정을 적용받 기 위한 증명서류_1통 3. 정부출
연연구기관등의 설립운영및육성에관한법을 제2조에의한 정부 출
연연구기관에 해당함을 증명하는 서류_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치, 방법 및 상기 장치를 구비한 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기에 관한 것이다.

본 발명은, 2단 증폭구조를 갖는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치에 있어서, 제1 증폭단 및 제2 증폭단 사이에 위치하여 상기 제1 증폭단에서 출력된 광신호의 분산을 보상하고, 입력되는 펌프광에 의해 상기 광신호의 라만 증폭을 수행하는 분산보상 광섬유(DCF); 상기 분산보상 광섬유(DCF)에 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공하는 적어도 하나의 펌프광 제공수단; 상기 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도변화를 각각 검출하는 제1 및 제2 온도검출수단; 및 상기 검출된 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도 변화에 따라 상기 펌프광 제공수단의 펌프광의 세기를 조절하는 제어수단을 포함하여, 온도 변화에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼의 변화를 상기 펌프광의 세기를 조절하여 보상한다.

본 발명에 따르면, 광증폭기에서 분산보상 광섬유 펌프광의 세기만을 변화시켜 온도변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화를 쉽게 보상하고, 부품 또는 회로의 추가 없이 분산보상 광섬유 펌프광의 세기를 변화시킬 수 있어 구현이 쉽고 경제적이다.

【대표도】

도 2

【색인어】

광증폭기, 온도, 분산보상, 장파장 대역, 라만 이득, 펌프광, 이득 스펙트럼

【명세서】**【발명의 명칭】**

광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치, 방법 및 이를 구비한 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기{A Gain Spectrum Compensation Apparatus and Method Based on Temperature of Optical Amplifier, and A Long-wavelength Band Dispersion-compensating hybrid Fiber Amplifier involved in such an Apparatus}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 L-band 어븀첨가 광섬유 증폭기(EDFA)의 온도에 따른 이득 스펙트럼 변화를 도시한 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이득 스펙트럼 보상장치를 구비한 L-band DCHFA의 구성도이다.

도 3은 본 발명에 따른 L-band DCHFA의 온도 변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화를 도시한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도 변화에 따른 DCF에서의 라만 이득 변화를 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도 변화에 따라 DCF 펌프의 세기를 변경할 때 발생하는 라만 이득의 변화를 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도변화에 따라 DCF 펌프의 세기를 변화시킴으로써 전체 L-band DCHFA의 이득 스펙트럼의 변화도이다.

도 7은 본 발명에 따른 온도와 DCF 펌프 LD의 광세기의 상관관계도이다.



도 8은 본 발명의 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상과정을 보이는 흐름도이다.

*** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***

10~13 : 파장분할다중화기	20 : 광고립기
21 : 이득등화필터	22 : 편광결합기
30~34 : 레이저 다이오드	40~41 : 어븀 첨가 광섬유(EDF)
50 : 분산보상 광섬유(DCF)	60~61 : 온도검출센서
70 : 제어수단	100 : 제1 증폭단
200 : 분산보상 라만증폭수단	300 : 제2 증폭단

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 광통신에 이용되는 광증폭기에 관한 것으로서 보다 상세하게는, 광증폭기의 온도변화에 따라 변화하는 이득 스펙트럼을 보상하는 장치 및 방법, 그리고 이와 같은 이득 스펙트럼 보상장치를 구비한 장파장 대역(L-band) 분산보상 하이브리드 광증폭기에 관한 것이다.

<17> 일반적으로, 파장분할다중(WDM: Wavelength-Division Multiplexing) 광통신은 1530~1565nm 파장대역의 상용 대역(C-band: Conventional band), 1570~1605nm 파장대역의 장파장 대역(L-band: Long-wavelength band, 이하, L-band라 한다), 또

는 각 밴드 모두를 이용하여 많은 채널을 동시에 전송하는 전송방식이다. L-band를 사용하여 광전송을 하는 경우에는 장파장 대역 광증폭기를 이용하여 약해진 신호를 증폭하고 있는데, 기존의 분산 보상이 가능한 L-band 광증폭기는 분산 보상을 하지 않는 L-band 광증폭기에 비하여 잡음특성이 나쁘다. 그 이유는 고속으로 전송되는 신호(채널 당 전송 속도가 2.5, 10, 40 Gbit/s 등)의 분산 보상을 위해서 분산보상용 광섬유(DCF: Dispersion Compensating Fiber, 이하 DCF라 한다)를 광증폭기의 중간에 삽입하여야 하는데, 이 경우에 빛이 DCF를 지나면서 손실이 발생하여 광증폭기의 제2단에 입력되는 빛의 세기가 약해지면서 잡음이 많이 발생하기 때문에 전체 광증폭기의 잡음 특성이 나빠지는 것이다.

<18> 이런 문제를 해결하는 방법은 DCF를 펌핑하여 라만 증폭을 유도함으로써 DCF를 지나면서 발생하는 손실(예를 들어, 단일모드 광섬유 80km 보상용 DCF의 경우 손실은 약 8dB)이 거의 없어지도록 하는 분산보상 하이브리드 광증폭기(DCHF: Dispersion-Compensating Hybrid Fiber Amplifier, 이하 DCHF라 한다)를 사용하는 것이다. 그러나 이러한 DCHF는 온도 변화에 따른 이득 스펙트럼이 변화하는 문제가 있다. 이러한 변화의 원인은 DCHF를 구성하는 이득 매질 중에서 어븀 첨가 광섬유(EDF: Erbium-Doped Fiber, 이하 EDF라 한다)가 온도에 따라서 빛을 흡수하는 특성과 빛을 내는 특성을 나타내는 흡수계수/발광계수가 변화하기 때문이다.

<19> 도 1은 종래의 L-band 어븀첨가 광섬유 증폭기(EDFA: Erbium-Doped Fiber Amplifier)의 온도에 따른 이득 스펙트럼 변화를 도시한 그래프이다. 도 1을 참조하면, 25℃에서 파장 1571~1604 nm 의 이득 스펙트럼이 균일하게 되어있으나, 온도가 0℃까지 내려가면 1571 nm 파장에서는 이득이 작아지고 1604 nm 파장에서는 이득이 커지면서 전체적인 이득 스펙트럼이 기울어진다. 온도가 60℃까지 올라가면 반대 방향으로 이득의 기울기가 커지게 된다



- <20> 온도에 따라서 이득 스펙트럼이 변화하는 것을 보상하는 방법은, 이득 매질인 EDF의 온도가 일정하도록 가열(적정 온도의 예: 60℃)하는 것이다. 그러나 이 경우에는 온도 유지를 위한 추가 회로와 적절한 방열을 위한 기구가 필요하므로 광증폭기의 소형화 추세에 맞지 않다는 문제가 있다.
- <21> 다른 방법으로는, EDF의 온도를 감지하고 각 온도에 따라서 바뀐 이득 스펙트럼을 보상할 수 있는 변수를 제어하는 것이다. 이런 방법은 제어하는 변수에 따라서 여러 가지로 나눌 수 있다. 그 일례로서, 미국특허 등록번호 제6,335,821호에는 온도센서를 이용해서 EDF의 온도를 측정하고 각 온도에 따라서 미리 정해진 EDF 펌핑용 레이저 다이오드의 제어 전류값을 바꾸주는 방법이 개시되어 있다. 이를 위해서는 제어 전류를 바꾸면서 이득 스펙트럼의 변화를 유발시키는데 적절한 제어값을 미리 조사하여 두면 된다.
- <22> 그 외에도, 2단 증폭구조의 광증폭기에 적용하는 방법으로서, 측정된 온도에 따라서 증폭기의 제2단에 입력되는 광의 세기를 가변광감쇠기(VOA: Variable Optical Attenuator)를 이용해서 조절함으로써 전체 증폭기의 이득 스펙트럼을 조절하는 방법도 있다.
- <23> 그러나, 상기한 선행기술의 경우도 온도에 따라 바뀐 이득 스펙트럼을 보상할 수 있는 변수를 제어하기 위한 별도의 부품이나 회로를 추가해야 하고 또한, 이를 적절히 제어해야 하는 복잡한 문제점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <24> 본 발명은, 상기한 바와 같이 광증폭기에서 온도에 따라 변화하는 이득 스펙트럼을 보상하는데 별도의 부품이나 회로를 추가해야 하는 종래의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로

서, 광증폭기의 온도 변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화를 보상하기 위해, 상기 광증폭기의 측
정온도의 변화에 따라 DCF의 라만 이득의 크기와 기울기를 조정함으로써 상기 광증폭기의 전체
온도 변화를 보상하도록 한 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치 및 방법을
제공하는데 그 목적이 있다.

<25> 본 발명의 다른 목적은 상기와 같은 보상장치를 구비한 장파장 대역 분산보상 하이브리
드 광증폭기를 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<26> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 이득 스펙트럼 보상장치는, 2단 증폭구조를
갖는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치에 있어서,

<27> 제1 증폭단 및 제2 증폭단 사이에 위치하여 상기 제1 증폭단에서 출력된 광신호의 분산
을 보상하고, 입력되는 펌프광에 의해 상기 광신호의 라만 증폭을 수행하는 분산보상 광섬유
(DCF); 상기 분산보상 광섬유(DCF)에 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공하는 적어도 하나의 펌
프광 제공수단; 상기 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도변화를 각각 검출하는 제1 및 제2 온도
검출수단; 및 상기 검출된 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도 변화에 따라 상기 펌프광 제공수
단의 펌프광의 세기를 조절하는 제어수단을 포함하여, 온도 변화에 따른 광증폭기의 이득 스펙
트럼의 변화를 상기 펌프광의 세기를 조절하여 보상한다.

<28> 본 발명의 일 실시예에서, 상기 보상장치는 상기 펌프광 제공수단으로부터 제공되는 펌
프광의 편광을 제거하는 적어도 하나의 편광제거수단을 추가로 포함할 수 있다. 여기서, 편광

제거란 광의 편광정도를 나타내는 편광도(DOP: Degree of Polarization)를 0에 가깝게 한다는 것을 의미한다.

- <29> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 이득 스펙트럼 보상방법은, 2단 증폭구조를 갖는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법에 있어서,
- <30> 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도를 각각 검출하는 온도검출단계; 상기 제1,2 증폭단의 온도 변화에 따라 상기 제1 증폭단 및 제2 증폭단 사이에 위치한 분산보상 광섬유(DCF)로 입력되는 펌프광의 세기를 조절하는 펌프광세기 조절단계; 및 상기 세기가 조절된 펌프광에 의해 분산보상 광섬유의 라만 이득을 조절하는 이득조절단계를 포함한다.
- <31> 본 발명의 일 실시예에서, 상기 이득조절단계는, 상기 분산보상 광섬유로 적어도 하나의 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공하는 펌프광제공단계를 추가로 포함할 수 있다.
- <32> 또한, 상기 펌프광세기 조절단계는 상기 분산보상 광섬유로 입력되는 두 개 이상의 펌프광의 편광을 제거하는 편광제거단계를 추가로 포함할 수 있으며, 상기 펌프광은 1500 \pm 0nm 파장을 갖는다.
- <33> 또한, 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광 증폭기는, 입력된 광신호를 제1 펌프광에 의해 제1차 증폭하는 제1증폭단; 상기 제1증폭단으로부터 출력된 제1차 증폭 광신호의 분산을 보상하고, 상기 1차 증폭 광신호를 제2 펌프광에 의해 라만 증폭하는 분산보상 라만증폭수단; 상기 분산보상 라만증폭수단으로부터 출력된 광신호를 제3 펌프광에 의해 제2차 증폭하는 제2증폭단; 상기 제1,2 증폭단의 온도변화를 각각 검출

하는 제1,2 온도검출수단; 및 상기 검출된 제1,2 증폭단의 온도변화에 따라 상기 제2 펌프광의 세기를 조절하는 제어수단을 포함하여, 펌프광의 세기를 조절하여 온도변화에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼의 변화를 보상한다.

<34> 본 발명의 일 실시예에서, 상기 입력 광신호는 1570 ~ 1605nm의 파장을 가지며, 상기 펌프광은 1500 \pm 10nm 파장을 가진다.

<35> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

<36> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이득 스펙트럼 보상장치를 구비한 장파장 대역(L-band) DCHFA의 구성도이다. 도면에 도시된 구성은 광증폭기에 적용되는 이득 스펙트럼 보상장치 및 상기 보상장치가 L-band 하이브리드 광증폭기에 적용되는 일예를 도시한 것이다. 우선 도면부호 10~13은 파장분할다중화기(WDM: Wavelength-Division Multiplexer)로서 L-band 광신호의 파장과 펌프광의 파장을 한 개의 광섬유로 입사하도록 하는 것이다. 여기서, 도면부호 10은 바람직하게는 980 nm의 펌프 파장과 L-band 신호를 묶어주는 WDM인 반면, 도면부호 11~13은 바람직하게는 1480~1500 nm의 펌프광 파장과 L-band 신호를 묶어주는 WDM이다. 도면부호 20~22는 수동소자로서, 20은 신호의 반사를 억제하는 광고립기, 21은 신호의 파장에 따른 이득이 균일하도록 하는데 쓰이는 이득등화필터, 22는 같은 파장의 두 개의 펌프 레이저를 하나의 광섬유로 묶어주는 편광결합기이다. 도면부호 30~34는 펌프 레이저 다이오드(LD: Laser Diode, 이하 LD라 한다)로서, 30은 제1 증폭단(100)에 펌프 에너지를 공급하는 980 nm 펌프 LD, 31~32는 분산보상 광섬유(DCF)에서 라만 증폭을 위한 라만 이득을 얻기 위해 사용되는 1500 nm 펌프 LD, 33~34는 제2 증폭단(300)에서 펌프 에너지를 공급하는 1480 nm 펌프 LD이다. 도면부호

40~41은 어븀 첨가 광섬유(EDF: Erbium-Doped Fiber)로서 상기 제1 증폭단(100) 및 제2 증폭단(300)에서 이득을 얻도록 하는 이득 매질이다. 도면부호 50은 제1 증폭단(100)에서의 광신호에 발생한 분산을 보상하기 위해 사용되는 DCF로서 동시에 라만 증폭을 위한 라만 이득을 얻도록 하는 매질이다. 도면부호 60 및 61은 EDF(40~41)의 온도를 알아내는 온도 측정용 센서이다. 도면부호 70은 상기 온도 측정용 센서(60,61)에 의해 각각 측정된 온도를 바탕으로 1500 nm 펌프 LD(31-32)를 조절하는 제어수단이다. 상기 제어수단(70)에서는 상기 검출된 온도 변화에 따라 상기 1500nm 펌프 LD(31,32)의 펌프광의 세기를 조절함으로써 상기 DCF(50)에서의 라만 이득을 조절하도록 하고, 상기 DCF(50)에서의 라만 이득을 조절함으로써 온도에 따른 광증폭기 전체의 이득 변화를 보상해 주게 된다. 도면부호 80~81은 각각 상기 제1 증폭단(100) 및 DCF(50), 상기 DCF(50) 및 제2증폭단(300)을 연결하는 광 커넥터를 표시한다.

<37> 도 2에 도시된 바람직한 실시예를 참조하여 본 발명의 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치 및 상기 보상장치를 구비한 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기의 동작을 설명한다. 여기서, 주의할 것은 도면에는 본 발명의 일 실시예로서 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기가 도시되어 있으나, 본 발명의 이득 스펙트럼 보상장치는 다양한 형태의 2단구조 광증폭기에도 적용될 수 있다는 것이다.

<38> 본 발명의 광증폭기는 2단 증폭구조를 갖는다. 제1증폭단(100)의 WDM(10)은 1570~1605nm 파장 대역의 L-band의 광신호 및 제1레이저 다이오드(30)로부터 제공되는 순방향 펌프광을 받아서 제1 어븀 첨가 광섬유(EDF)(40)로 연결한다. 상기 제1 레이저 다이오드(30)는 980nm의 펌프광을 상기 WDM(10)으로 제공하며, 상기 제1 EDF(40)는 제1증폭단(100)에서 이득을 얻도록 하는 매질이다. 상기 EDF(40)을 통과한 광신호는, 신호의 반사를 억제하는 광고립기(20) 및 신호

의 파장에 따른 이득이 균일하도록 하는 이득등화필터(21)를 거쳐 분산보상 라만증폭수단(200) 내의 분산보상 광섬유(DCF)(50)로 입력된다.

<39> 상기 분산보상 라만증폭수단(200)의 동작을 설명하면, WDM(11)은 장파장 대역의 1575~1605nm 파장의 광신호 및 적어도 하나의 제2 레이저 다이오드(31,32)에서 제공되는 1500nm 파장의 역방향 펌프광을 받아서 상기 DCF(50)으로 연결해 준다. 상기 역방향 펌프광은 바람직하게는 1500nm 파장을 갖는다. 도면에는 두 개의 제2 레이저 다이오드(31,32)가 도시되어 있으나 이는 바람직한 일 실시예이며, 펌프광을 제공하는 레이저 다이오드는 하나 또는 그 이상으로 구비될 수 있다. 도면에서와 같이 두 개의 레이저 다이오드(31,32)를 구비하는 경우 편광결합기(22)가 구비되어 상기 각 레이저 다이오드(31,32)에서 제공되는 두 개의 펌프광은 편광이 수직인 상태로 결합되어 상기 WDM(11)을 통해 상기 DCF(50)로 제공된다. 이는 DCF(50)에서의 라만 증폭시 편광의존도를 감소시키기 위한 것이다. 따라서, 편광의존도가 감소됨으로써 편광에 무관하게 일정한 증폭율로 증폭될 수 있는 것이다. 다른 실시예로서 적어도 하나의 레이저 다이오드(31,32)의 펌프광의 편광을 제거하는 적어도 하나의 편광제거수단을 구비할 수도 있다. 즉, 복수개의 레이저 다이오드(31 또는 32)를 구비하는 경우 상기 편광결합기(22) 대신 펌프광의 편광을 제거하는 편광제거수단(미도시)으로 대체하는 것이 바람직하다. 여기서, 편광제거란 광의 편광정도를 나타내는 편광도(DOP: Degree of Polarization)를 0에 가깝게 한다는 것을 의미한다. 또한, 도면에서는 역방향 펌프광이 상기 DCF(50)에 제공되는 것으로 도시되어 있으나, 본 발명의 다른 실시예에서는 순방향 펌프광이 상기 DCF(50)로 제공되는 것도 가능하다.



- <40> 상기 DCF(50)에서의 라만 증폭을 위한 라만 이득은 상기 DCF(50)로 펌프광을 제공하는
상기 레이저 다이오드(31,32)를 제어함으로써 얻어진다. 즉, 상기 레이저 다이오드(31,32)에서
제공되는 펌프광의 세기를 조절하게 되면 상기 DCF(50)에서의 라만 증폭을 위한 라만 이득을
변화시킬 수 있다.
- <41> 다음으로, 제2증폭단(300)의 WDM(12)은 1570~1605nm 파장 대역의 L-band의 광신호 및 제
3 레이저 다이오드(33)로부터 제공되는 순방향 펌프광을 받아서 제2 어븀 첨가 광섬유
(EDF)(41)로 연결한다. 상기 제3 레이저 다이오드(33)는 1480nm의 펌프광을 상기 WDM(12)으로
제공하며, 상기 제2 EDF(41)는 제2증폭단(300)에서 이득을 얻도록 하는 매질이다. 또한, 제2증
폭단(300)은 도면에 도시된 바와 같이, 또 다른 펌프 LD(34)를 추가로 구비하여 순방향, 역방
향 또는 양방향 펌프광 제공이 가능하도록 구성될 수도 있다. WDM(13)은 제4 레이저 다이오드
(34)로부터 제공되는 역방향 펌프광 및 상기 1570~1605nm 파장대역의 광신호를 상기 제2
EDF(41)로 연결한다.
- <42> 본 발명에 적용되는 EDF(40)는 1570~1605nm 파장 대역에서 최소 8dB 이상의 이득을 얻을
수 있는 길이를 갖는다. 또한, 상기 분산보상 광섬유(DCF)(50)는 20~120km의 일반 단일모드
광섬유 또는 비영분산선이 광섬유의 분산을 보상할 수 있는 길이를 갖는다.
- <43> 온도검출센서(60,61)는 각각 제1 증폭단(100) 및 제2 증폭단(300)의 온도 변화를 검출한
다. 바람직하게는 각각 제1 EDF(40) 및 제2 EDF(41)의 온도 변화를 검출한다. 제어수단(70)은
상기 검출된 온도 변화에 따라서 상기 DCF(50)의 라만 이득을 변화시키기 위해 상기 적어도 하
나의 제2 레이저 다이오드(31,32)의 펌프광의 세기를 조절한다. 즉, 상기 제어수단(70)에서 상
기 검출된 온도 변화에 따라 상기 제2 레이저 다이오드(31,32)의 구동회로를 제어함으로써 출
력되는 펌프광의 세기가 조절되고, 이에 따라 상기 DCF(50)에서의 라만 이득이 변화된다. 따라

서, 상기 검출된 제1,2 증폭단의 온도 변화에 따라 DCF(50)에서의 라만 이득의 크기와 기울기를 조절함으로써 L-band DCHFA 전체의 온도에 따른 이득 변화를 일정하게 유지할 수 있는 것이다.

<44> 도면에는 상기 온도검출센서(60,61)가 각 증폭단(100,300)에 하나씩 구비된 것으로 도시되어 있으나, 다른 실시예에서는 복수개로 구비될 수 있다. 이 경우 제어수단(70)은 다수개의 온도검출센서가 각 증폭단의 여러 위치에서 검출한 온도값을 수신하여 각 증폭단의 평균온도를 계산하고 상기 계산된 평균온도의 변화에 따라 상기 제2 레이저 다이오드(31,32)의 펌프광의 세기를 조절한다.

<45> 이와 같이 분산보상을 위해 삽입한 분산보상 광섬유(DCF)(50)에서의 이득의 크기와 기울기를 각 증폭단(100,300)에서 검출된 온도 변화에 따라 조절함으로써 광증폭기의 전체 이득변화를 보상할 수 있게 된다.

<46> 도 3은 본 발명에 따른 L-band DCHFA의 온도 변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화를 도시한 그래프로서, 본 발명에 따른 L-band DCHFA에서 EDF(40,41)의 주변환경 온도를 30~60℃ 변화시켰을 때 나타나는 파장에 따른 이득의 변화를 보여준다. 이때 사용된 펌프 LD(30~34)의 값들은 일정하게 유지하였으며, 특히 라만 이득을 얻기 위한 1500 nm LD(31,32)의 광세기의 합은 365 mW로 유지하였다. 30℃에서는 1571-1604 nm 파장에서 이득의 크기가 0.5 dB 이내로 균일하였지만 온도가 올라가면서 1571 nm 파장은 이득이 커지고 1604 nm 파장은 이득이 줄어들어서 60℃에서는 이득의 균일한 정도가 1.4 dB로 증가하였다. 이러한 변화의 경향은 도 1에서 도시한 기존의 L-band 증폭기에서 나타나는 것과 같다. 이로부터 도 3에서 나타난 L-band DCHFA에서의 온도에 따른 이득의 변화는 EDF 매질의 증폭단에서 나타나는 것임을 짐작할 수 있다.



<47> 도 4는 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도의 변화에 따른 DCF에서의 라만 이득 변화를 도시한 그래프이다. 도 4를 참조하면, 30~60℃의 온도 변화에 대하여 거의 일정한 이득을 나타낸다. 이때에도 라만 펌핑을 위한 1500 nm LD(31,32)의 광 세기는 365 mW로 일정하게 유지하였다. 따라서 도 3에서 보여준 이득의 변화는 DCF(50)에서의 라만 이득과는 무관하게 EDF 매질의 증폭단에서 나타남을 확인할 수 있다.

<48> 도 5는 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도 변화에 따라 DCF 펌프의 세기를 변경할 때 발생하는 라만 이득의 변화를 도시한 그래프로서, L-band DCHFA에서 30~60℃의 온도 변화에 대하여 DCF에 펌핑해주는 광의 세기를 365~395 mW로 변화시킬 때 나타나는 라만 이득의 변화를 나타낸다. 라만 이득은 전체적으로 커지나 파장에 따라서 커지는 정도가 다른데, 1605 nm 쪽에서는 변화가 크고 1570 nm 쪽에서는 작다. 도 3에서 나타나는 DCHFA의 전체적인 이득 변화와 반대 방향의 변화이므로 온도에 따른 이득 변화를 보상할 수 있음을 시사한다. 한편, DCF(50)에서의 라만 이득이 펌프의 세기에 따라서 이와 같은 경향을 보이는 것은 라만 펌프의 파장이 1500 nm 이므로 이에 의한 라만 이득의 최고치가 1605 nm 근처에 있기 때문이다. 예를 들어, 1465 nm 라만 펌프를 사용한다면 DCF에서의 라만 이득의 최고치는 1570 nm 근처에서 발생하며 라만 펌프의 세기를 증가시키면 오히려 온도 변화에 따른 EDF에서의 이득 변화와 같은 방향으로 이득 스펙트럼의 변화가 발생한다. 만약 라만 펌프의 세기를 감소시킨다면 온도 변화에 따른 EDFA에서의 이득 변화와 반대 방향으로 이득 스펙트럼의 변화가 생길 수 있으나 제2 증폭단(300)으로 입사하는 신호의 세기도 따라서 줄어들게 된다. 제2 증폭단(300)에 입사하는 신호 세기가 감소할 경우에는 상기 제2 증폭단(300)의 EDF(41) 내에서 온도 변화에 따른 이득

스펙트럼의 변화와 같은 방향으로의 기울기 변화를 유도하므로 결과적으로 온도 보상이 어렵다. 따라서 DCF(50)에서 라만 이득을 유도하는 펌프광의 파장은 1500 \pm 10 nm 정도가 되는 것이 바람직하다.

<49> 도 6은 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도변화에 따라 DCF 펌프의 세기를 변화시킴으로써 전체 L-band DCHFA의 이득 스펙트럼의 변화도이다. 도 6을 참조하면, 본 발명의 L-band DCHFA에서 30-60℃의 온도 변화에 대하여 제1,2 증폭단(100,300)의 펌프광의 세기는 일정하게 유지하면서 DCF(50)에 펌핑되는 펌프광의 세기는 365-395 mW로 변화시킬 경우에 나타나는 이득의 변화를 도시하고 있다. 도 6을 참조하면, 온도의 변화에 따른 이득의 변화가 거의 없이 일정함을 알 수 있다.

<50> 도 7은 본 발명에 따른 온도와 DCF 펌프 LD의 광세기의 상관관계도를 도시한 것으로서, 본 발명의 L-band DCHFA에서 온도 변화에 따라 L-band DCHFA의 이득 스펙트럼을 일정하게 유지하기 위한 DCF 펌프 LD의 광세기를 나타내고 있다. 도 7을 참조하면, 온도 변화에 따른 광 세기의 변화를 미리 측정하여 이 값을 저장하였다가 이를 참고로 하여 실제 DCHFA 구성 시에 1500 nm 파장의 레이저 다이오드를 구동하면 온도 보상에 따른 이득 스펙트럼의 보상이 가능함을 알 수 있다

<51> 도 8은 본 발명의 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상과정을 보이는 흐름도이다. 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 이득 스펙트럼 보상방법이 적용되는 광증폭기는 2단구

조를 가지며, 바람직하게는 도 2에 도시된 2단 증폭구조를 갖는 L-band DCHFA이다. 본 발명의 바람직한 실시예인 도 2의 DCHFA를 참조하여 본 발명의 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법을 설명한다.

<52> 본 발명의 이득 스펙트럼 보상방법이 적용되는 광증폭기는 2단 증폭구조를 갖는다. 먼저 제1 증폭단(100) 및 제2 증폭단(300)의 온도를 각각 검출한다(S81). 이때, 상기 온도검출은 상기 각 증폭단(100)(300)의 여러 위치에서 온도를 검출할 수 있다. 이 경우 여러 위치에서 검출한 온도값을 이용하여 각 증폭단의 평균온도를 계산하여 각 증폭단(100)(300)의 검출온도로 사용한다. 이어, 상기 검출된 제1,2 증폭단(100)(300) 온도의 변화를 검출한다(S82).

<53> 적어도 하나의 레이저 다이오드(31)(32)로부터 상기 광증폭기의 분산보상 광섬유(DCF)(50)로 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공한다(S83). 상기 분산보상 광섬유(50)는 상기 제1 증폭단(100)에서 증폭된 입력 광신호에 발생한 분산을 보상하며, 상기 제공된 펌프광을 이용하여 라만 증폭을 통해 상기 입력 광신호의 광증폭을 수행한다. 이때, 상기 입력 광신호는 바람직하게는 1570~1605nm의 파장을 갖는다.

<54> 이어, 상기 단계(S82)에서 검출한 상기 제1,2 증폭단(100)(300)의 온도변화에 따라 상기 레이저 다이오드(31)(32)의 구동회로를 제어하여(S84), 상기 레이저 다이오드(31)(32)로부터 제공되는 펌프광의 세기를 조절한다(S85). 즉, 상기 제1,2 증폭단(100)(300)의 온도변화에 따라 상기 분산보상 광섬유(50)로 제공되는 펌프광의 세기를 조절하는 것이다. 그 이유는, 상술한 바와 같이 광증폭기에서 온도 변화에 따라 전체 이득 스펙트럼이 변화하기 때문에 광증폭기에서 발생한 온도 변화에 따라 분산보상 광섬유에서의 라만 증폭을 조절하기 위해 온도변화에 따라 펌프광의 세기를 조절하는 것이다. 결과적으로 상기 온도변화에 따라 펌프광의 세기를 조절함으로써 광증폭기의 이득 스펙트럼의 변화를 보상하는 것이다. 이때, 상기 분산보상 광섬유



로 제공되는 펌프광의 편광을 제거한다(S86). 이는 DCF(50)에서의 라만 증폭시 편광의존도를 감소시켜 편광에 무관하게 일정한 증폭율로 증폭될 수 있게 하는 것이다. 이와 같이 편광이 제거된 펌프광을 받아들임으로써 광증폭기의 전체 이득 스펙트럼의 변화가 보상되는 것이다(S87). 상기 펌프광은 바람직하게는 1500 \pm 10nm 파장을 갖는다.

<55> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에서는 L-band 광증폭기의 온도 변화에 따른 이득 변화에 대하여 라만 이득의 기울기가 이와 반대로 발생하도록 라만 펌프광의 파장과 크기를 제어함으로써 광증폭기의 온도 변화를 보상하고, 나아가 온도 변화에 따른 이득 변화를 보상할 수 있다.

<56> 한편, 상술한 실시예에서는 L-band DCHFA에서의 이득 스펙트럼 보상장치에 관하여 설명하고 있으나, 본 발명은 이러한 광증폭기에 한정하여 적용되는 것이 아니라, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 변형되어 적용될 수도 있을 것이다. 또한, 도 3 내지 도 7에서는 30~60℃에서 이득 스펙트럼이 일정하게 될 수 있음을 나타냈지만 0~30℃ 혹은 70℃ 이상의 온도에서도 같은 원리로 이득 스펙트럼의 보상이 가능하다. 이는 추가되는 부품이나 회로가 없이 단지 증폭기 모듈의 온도를 감지하기 위한 온도 센서에서 온도를 읽고 미리 정해진 DCF 펌핑용 LD의 광의 세기로 변화시키는 프로그램으로 구현 가능하다.

<57> 따라서, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 않으며 많은 변형이 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 가능함은 물론이다. 나아가, 본 발명의 권리범위는 상술한 상세한 설명 및 도면에 의해 정해지는 것이 아니라 첨부한 특허청구범위에 의해 결정되어야만 할 것이다.

【발명의 효과】

- <58> 본 발명에 의하면, L-band DCHFA에서 나타나는 온도 변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화를 DCF 펌프의 세기만을 변화시킴으로써 보상하는 간단하면서도 효과적인 이득 스펙트럼 보상 장치를 제공한다.
- <59> 또한, 본 발명에 의하면, 추가되는 부품이나 회로가 없이 단지 증폭기 모듈의 온도를 감지하기 위한 온도 센서에서 온도를 검출하고, 미리 정해진 DCF 펌핑용 LD의 광의 세기로 변화시키는 프로그램으로 구현 가능하기 때문에 구현이 간단하고, 제작시 소형화가 가능하여 경제적이면서도 효과적이다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

2단 증폭구조를 갖는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치에 있어서,

제 1 증폭단 및 제2 증폭단 사이에 위치하여 상기 제1 증폭단에서 출력된 광신호의 분산을 보상하고, 입력되는 펌프광에 의해 상기 광신호의 라만 증폭을 수행하는 분산보상 광섬유(DCF);

상기 분산보상 광섬유(DCF)에 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공하는 적어도 하나의 펌프광 제공수단;

상기 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도변화를 각각 검출하는 제1 및 제2 온도검출수단; 및

상기 검출된 제1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도 변화에 따라 상기 펌프광 제공수단의 펌프광의 세기를 조절하는 제어수단을 포함하여,

온도 변화에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼의 변화를 상기 펌프광의 세기를 조절하여 보상하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 펌프광 제공수단으로부터 제공되는 펌프광의 편광을 제거하는 적어도 하나의 편광 제거수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 3】

제 3항에 있어서, 상기 편광제거수단은,

상기 분산보상 광섬유로 제공되는 펄스광의 편광이 제거되도록 두 개 이상의 펄스광을 결합하는 광결합수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 복수의 펄스광 제공수단은 실질적으로 동일한 파장의 펄스광을 제공하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 보상분산 광섬유에서의 라만 증폭은 상기 펄스광의 세기에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 6】

제 1항에 있어서,

상기 입력 광신호는 1570 ~ 1605nm의 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 7】

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서,



상기 펌프광은 1500 nm 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 8】

제 1항에 있어서,

상기 분산보상 광섬유는 단일모드 광섬유 또는 비영분산천이 광섬유의 분산을 보상하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상장치.

【청구항 9】

2단 증폭구조를 갖는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법에 있어서,

제 1 증폭단 및 제2 증폭단의 온도를 각각 검출하는 온도검출단계;

상기 제1,2 증폭단의 온도 변화에 따라 상기 제1 증폭단 및 제2 증폭단 사이에 위치한 분산보상 광섬유(DCF)로 입력되는 펌프광의 세기를 조절하는 펌프광세기 조절단계; 및

상기 세기가 조절된 펌프광에 의해 분산보상 광섬유의 라만 이득을 조절하는 이득조절단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 10】

제 9항에 있어서, 상기 온도검출단계는,

상기 각 증폭단의 다수개의 위치에서 온도를 검출하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 11】

제 9항에 있어서, 상기 분산보상 광섬유는,

상기 제1 증폭단에서 출력된 광신호의 분산을 보상하며, 라만 증폭을 통해 입력 광신호를 증폭하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 12】

제 11항에 있어서,

상기 입력 광신호는 1570 ~ 1605nm의 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 13】

제 9항에 있어서, 상기 이득조절단계는,

상기 분산보상 광섬유(DCF)로 적어도 하나의 순방향 또는 역방향 펌프광을 제공하는 펌프광제공단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 14】

제 9항에 있어서, 상기 펌프광세기 조절단계는,

상기 분산보상 광섬유로 입력되는 두 개 이상의 펌프광의 편광을 제거하는 편광제거단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼의 변화 보상방법.

【청구항 15】

제 9항, 제 13항 또는 제 14항에 있어서,

상기 펌프광은 1500 ± 0nm 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 광증폭기의 온도변화에 따른 이득 스펙트럼 보상방법.

【청구항 16】

입력된 광신호를 제1 펌프광에 의해 제1차 증폭하는 제1증폭단;

상기 제1증폭단으로부터 출력된 제1차 증폭 광신호의 분산을 보상하고, 상기 1차 증폭 광신호를 제2 펌프광에 의해 라만 증폭하는 분산보상 라만증폭수단;

상기 분산보상 라만증폭수단으로부터 출력된 광신호를 제3 펌프광에 의해 제2차 증폭하는 제2증폭단;

상기 제1,2 증폭단의 온도변화를 각각 검출하는 제1,2 온도검출수단; 및

상기 검출된 제1,2 증폭단의 온도변화에 따라 상기 제2 펌프광의 세기를 조절하는 제어수단을 포함하여,

펌프광의 세기를 조절하여 온도변화에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼의 변화를 보상하는 것을 특징으로 하는 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기.

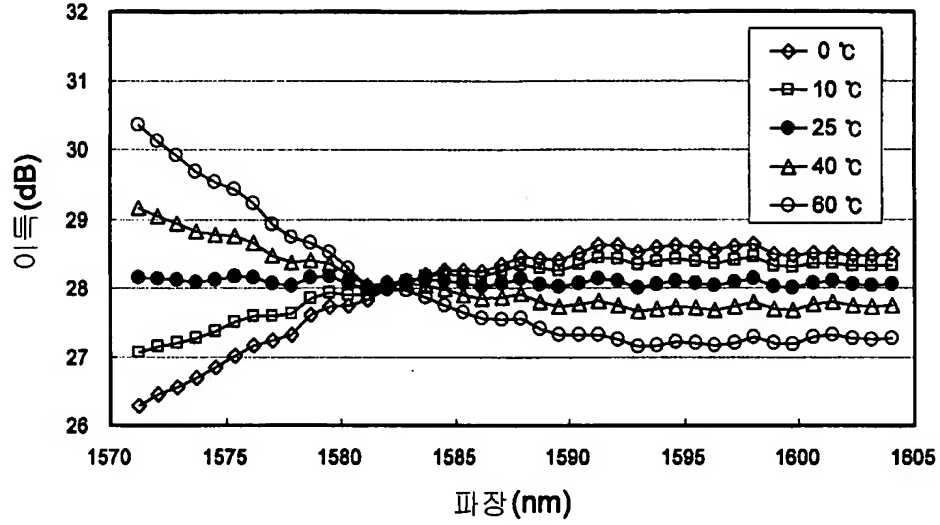
【청구항 17】

제 16항에 있어서,

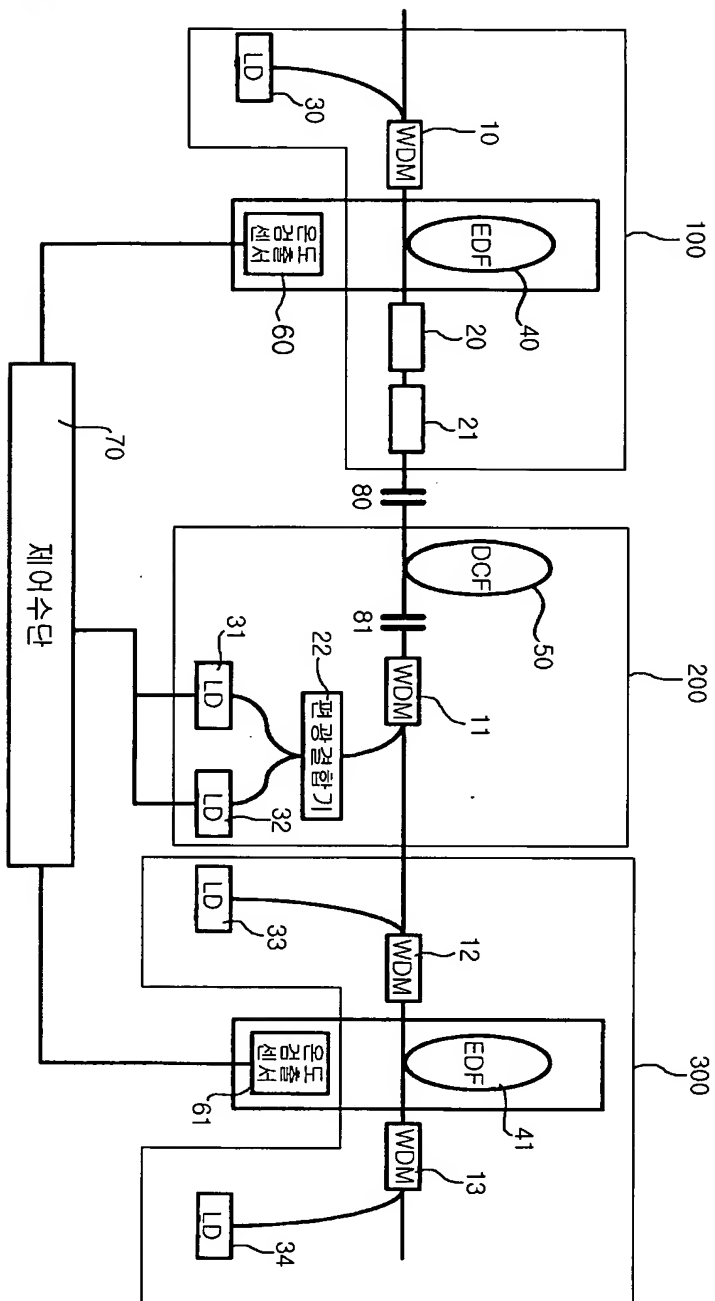
상기 제1 증폭단은 상기 입력 광신호를 상기 제1 펌프광에 의해 제1차 증폭하는 제1 어븀첨가 광섬유(EDF)를 포함하고, 상기 제2 증폭단은 상기 분산보상 라만증폭수단으로부터 출력되는 광신호를 상기 제3 펌프광에 의해 제2차 증폭하는 제2 어븀첨가 광섬유(EDF)를 포함하며, 상기 제1 어븀첨가 광섬유는 1570~1605nm 파장 대역에서 8dB 이상의 이득을 얻는 것을 특징으로 하는 장파장 대역 분산보상 하이브리드 광증폭기.

【도면】

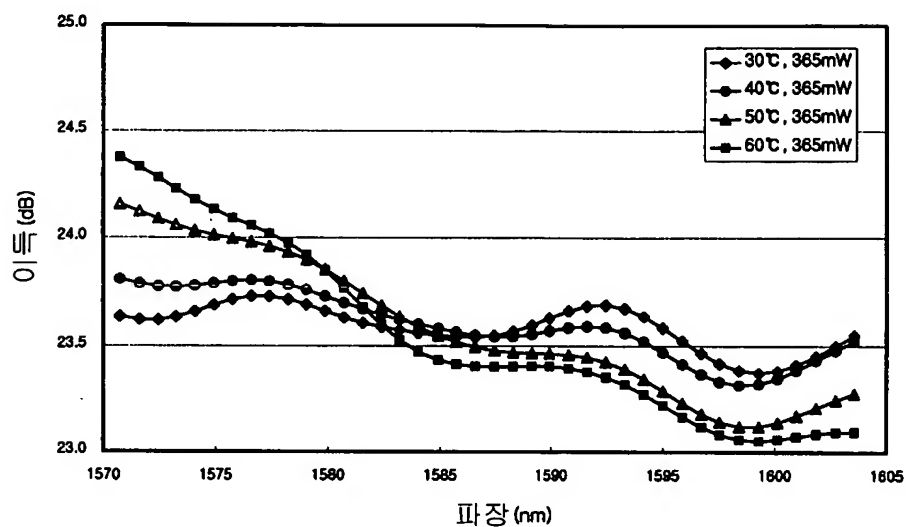
【도 1】



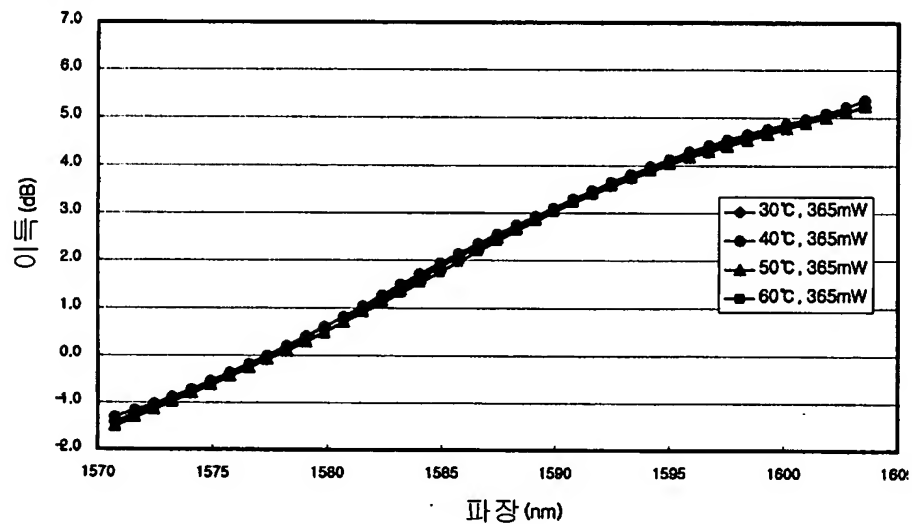
【도 2】



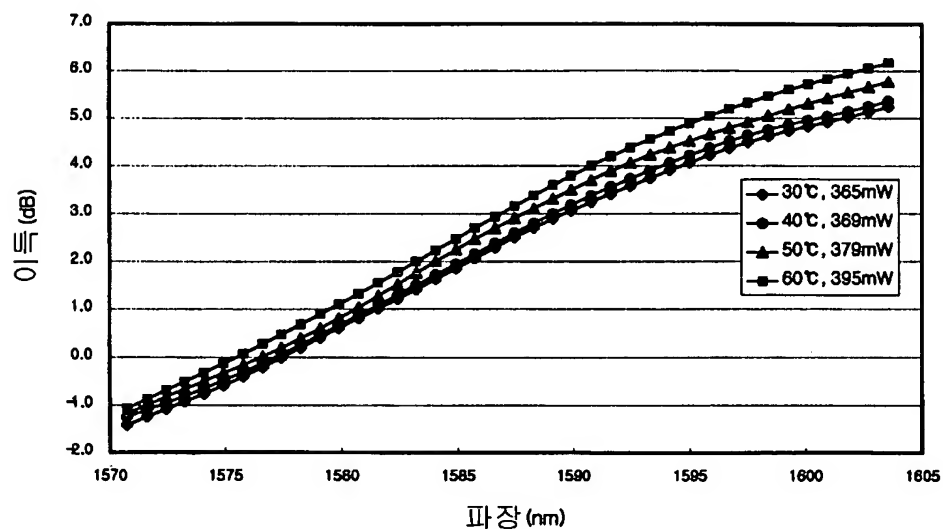
【도 3】



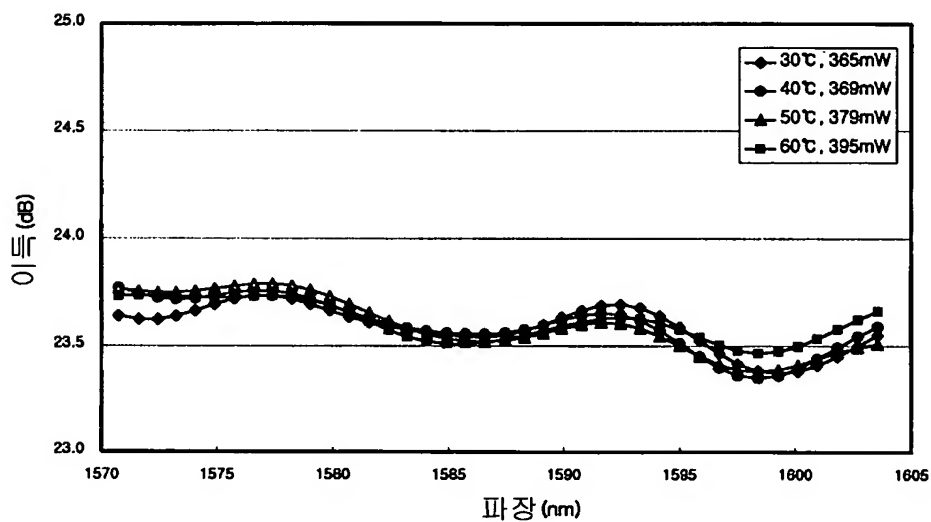
【도 4】



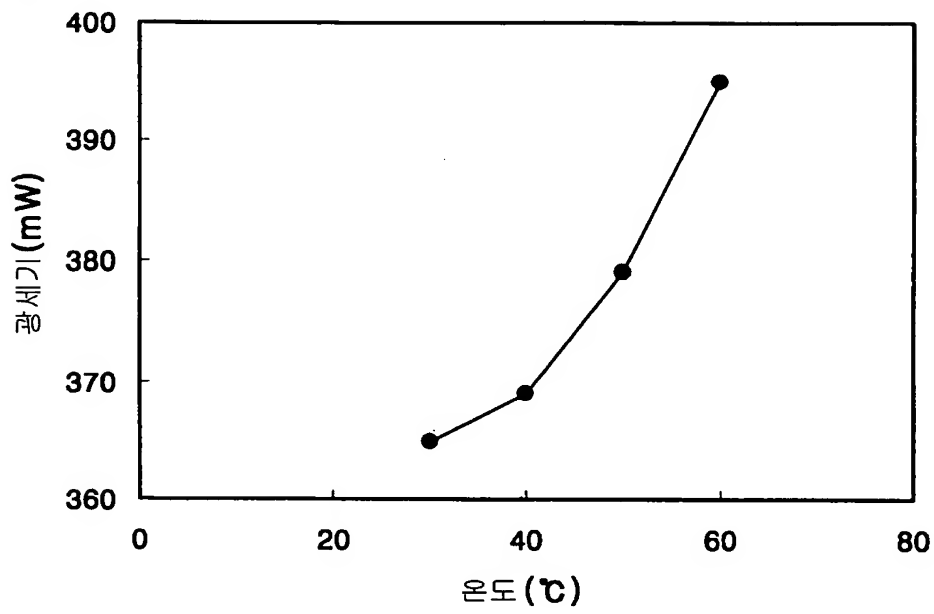
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

